

48864-037
MARCH 26, 2001

TOYAMA et al.

日本国特許庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
る事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日

Date of Application:

2000年 3月 29日

願番号

Application Number:

特願2000-090629

願人

Applicant(s):

ミノルタ株式会社

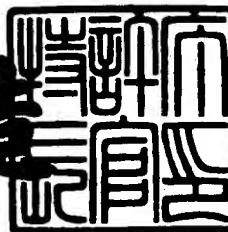
J1046 U.S. PRO
09/816405
03/26/01

PRIORITY DOCUMENT
CERTIFIED COPY OF

2000年12月15日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



【書類名】 特許願

【整理番号】 TL03492

【提出日】 平成12年 3月29日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G06F 15/60

【発明の名称】 点群に面をフィッティングする方法および装置

【請求項の数】 5

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際
ビル ミノルタ株式会社内

【氏名】 遠山 修

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際
ビル ミノルタ株式会社内

【氏名】 堀田 伸一

【特許出願人】

【識別番号】 000006079

【氏名又は名称】 ミノルタ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100086933

【弁理士】

【氏名又は名称】 久保 幸雄

【電話番号】 06-6304-1590

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 010995

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

特2000-090629

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9716123

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 点群に面をフィッティングする方法および装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】

コンピュータを用いて点群に面をフィッティングする方法であって、
前記点群の信頼性を判断する第1ステップと、
第1ステップでの信頼性の判断結果に基づいて、前記点群への面のフィッティ
ング方法を変更する第2ステップと、
を備えたことを特徴とする点群に面をフィッティングする方法。

【請求項2】

前記第1ステップにおいて、前記点群を構成する各点の信頼性を判断し、
前記第2ステップにおいて、各点の信頼性に基づき各点の重みを変更すること
によって前記点群へのフィッティング方法を変更する、
請求項1記載の点群に面をフィッティングする方法。

【請求項3】

3次元計測によって前記点群および各点の信頼性を示すデータを取得する、
請求項1または請求項2記載の点群に面をフィッティングする方法。

【請求項4】

コンピュータを用いて点群に面をフィッティングする装置であって、
前記点群を構成する各点の信頼性を取得する手段と、
各点の信頼性に応じて前記点群への面のフィッティングの度合いを異ならせる
手段と、
を有することを特徴とする点群に面をフィッティングする装置。

【請求項5】

前記各点の信頼性に基づいて各点の重み付けを行う手段を有し、
前記各点の重みに応じてフィッティングの度合いを異ならせる、
請求項4記載の点群に面をフィッティングする装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、コンピュータを用いて点群に面をフィッティングする方法および装置に関し、例えばコンピュータグラフィックスの分野における3次元モデルの作成に利用される。

【0002】

【従来の技術】

近年において、映画やゲームなどに3次元CD（3次元コンピュータグラフィックス）の技術がしばしば用いられている。3次元CDでは、仮想的な3次元空間内に3次元モデルやライトを配置して動かすので、表現の自由度が高い。

【0003】

従来より、光切断法などによる非接触型の3次元計測装置が実用化されており、これを用いることによって、対象物の3次元データを比較的容易に作成することができる。しかし、計測によって得られた3次元データをそのまま3次元CDに用いるためには、得られたデータの間引きなどを行ってデータ量を減らすための処理が複雑であるなど、種々の問題がある。

【0004】

この問題に対処するため、対象物の標準モデルを準備しておき、計測された3次元データに合わせて標準モデルを変形する方法が提案されている（特開平5-81377号）。つまり、この方法では、計測によって得られた3次元の点群に、標準モデルの表面をフィッティングさせるのである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上に述べた従来の方法において、計測された点群に合わせて面を忠実に変形させると、誤差の大きな点に対しても面が追従してしまい、良好な結果が得られない。

【0006】

つまり、図8（A）に示すように、6つの点P1～6のうち、点P3～6の信頼性が低いとした場合に、その場合であっても、面Sは全ての点P1～6にひきずられて変形されてしまう。変形によって得られた面Saは、適正なものとは言

えないことがある。

【0007】

また、図8（B）に示すように、信頼性の低い点P3～6を無視し、信頼性のある点P1～2のみを用いた場合には、点群による変形自体が充分に行われず、点群による形状が全く反映されず、点群による形状を保つことができない。その場合に、変形によって得られた面Sbは、対象物の形状を適正に表したものとは言いがたい。

【0008】

本発明は、上述の問題に鑑みてなされたもので、信頼性の低い点が含まれている場合に、信頼性の低い点にひきずられて異常な変形や誤った変形の行われることをできるだけ防止し、適切なフィッティングが行われるようにすることを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

請求項1の発明に係る方法は、コンピュータを用いて点群に面をフィッティングする方法であって、前記点群の信頼性を判断する第1ステップと、第1ステップでの信頼性の判断結果に基づいて、前記点群への面のフィッティング方法を変更する第2ステップと、を備えた方法である。

【0010】

請求項2の発明に係る方法では、前記第1ステップにおいて、前記点群を構成する各点の信頼性を判断し、前記第2ステップにおいて、各点の信頼性に基づき各点の重みを変更することによって前記点群へのフィッティング方法を変更する。

【0011】

請求項3の発明に係る方法では、3次元計測によって前記点群および各点の信頼性を示すデータを取得する。

請求項4の発明に係る装置は、コンピュータを用いて点群に面をフィッティングする装置であって、前記点群を構成する各点の信頼性を取得する手段と、各点の信頼性に基づいて各点の重み付けを行う手段と、各点の重みに応じてフィッテ

イングの度合いを異ならせる手段と、を有する。

【0012】

請求項5の発明に係る装置では、前記各点の信頼性に基づいて各点の重み付けを行う手段を有し、前記各点の重みに応じてフィッティングの度合いを異ならせる。

【0013】

【発明の実施の形態】

図1は本発明に係るモデリング装置1を示すブロック図、図2は対象物の3次元データDTを取得する方法の例を説明する図である。

【0014】

図1において、モデリング装置1は、処理装置10、標準モデルDSを格納する標準モデル格納部11、および3次元データDTを格納する3次元データ格納部12を有する。3次元データ格納部12には、3次元データDTとともに、その各データの信頼性を示す信頼性データDRも格納されている。

【0015】

処理装置10は、CPU、RAM、ROMなどからなり、CPUがプログラムを実行することにより、重み付け処理部21、変形処理部22、その他の種々の機能が実現される。

【0016】

重み付け処理部21は、変形処理部22において重み付けを行うのに必要な処理、例えば、信頼性データDRから重みを求める処理などを行う。

変形処理部22は、後で説明する図4の変形処理などを行い、標準モデルDSの面Sを3次元データDTの各点群にできるだけ近づくようなフィッティングを行う。その際に、各点の重みに応じてフィッティングの度合いを異ならせる。

【0017】

モデリング装置1は、パーソナルコンピュータまたはワークステーションなどを用いて構成することが可能である。その場合に、信頼性データDRを判断した時は取得するための処理、信頼性データDRを適用するための処理、またはその他の処理を行うためのプログラムは、フロッピイディスク、光磁気ディスク、磁

気ディスクなどの記録媒体に記憶され、適時、主メモリ内に読み込まれる。重み付け処理部21および変形処理部22は、例えば、処理装置10内でプログラムが実行されることによって実現される。

【0018】

対象物の3次元データDTを取得する公知の方法として、例えば、光切断法による3次元計測装置を用いる方法、対象物に対して視差を有して配置された複数のカメラを用いる方法などがある。

【0019】

後者的方法では、例えば3台のカメラを用いることにより、3次元データDTの各点の信頼性を判定するためのデータをも同時に取得することができる。

すなわち、3台のカメラによる多眼視によって対象物を撮影し、3枚の画像を得る。これら3枚の画像について、互いの対応点を探索する。2枚の画像についての対応点に基づいて、3次元データDTが公知の計算により求められる。他の1枚の画像は、信頼性データDRを得るのに利用される。

【0020】

例えば、図2に示すように、3台のカメラA, B, Cを用い、対象物Qを撮影して3枚の画像FA, FB, FCを取得する。各画像FA, FB, FCについて、それぞれの画像面(u_n, v_n)が示されている($n = 1, 2, 3$)。3次元空間Mにある対象物Q上の点QPが、各画像面上の点PA, PB, PCに投影されている。

【0021】

ここで、点PA, PB, PCの対応が求まるとすると、それらの対応から、3次元空間M'を再構成することができる。3次元空間M'において、点PA, PBに対応する点QP'が求まる。理想的には、この再構成された3次元空間M'上の点QP'を画像面(u_3, v_3)に逆投影した点PC'と、元の3次元空間M上の点QPを画像面(u_3, v_3)上に投影した点PCとは、一致するはずである。

【0022】

しかし、投影変換を正確に求めることは難しく、また対応を正確に求めること

も難しいため、通常、これらは一致しない。そこで、これら点PC' と点PCとのずれを誤差とし、信頼性の指標として用いる。

【0023】

例えば、点PC' と点PCとの誤差を、ずれた画素の数で示す。点PC' と点PCとが同じ画素上にあれば、誤差は「0」である。1画素ずれていれば、誤差は「1」である。2画素ずれていれば、誤差は「2」である。このずれた画素数を信頼性データDRとして用いることができる。

【0024】

信頼性データDRを判断する他の方法として、例えば特開昭61-125686号に示される方法、他の公知の方法を用いることも可能である。

図3はモデリング装置1の全体の処理の流れを示すフローチャートである。

【0025】

図3において、まず、対象物についての標準モデルDSを準備する（#11）。例えば、対象物が人の頭部であるとすると、図5に示すように、標準的な顔のサイズおよび形状を有した、頭部の全周についての標準モデルDS1を準備する。

【0026】

対象物の3次元計測を行い、3次元データDTを取得する（#12）。その際に、対象物の2次元画像をも同時に取得しておく。また、上に述べたように、3次元データDTの各点についての信頼性を示す信頼性データDR、または信頼性データDRを得るための情報を取得しておく。

【0027】

なお、標準モデルDSの準備と3次元データDTの取得とはいずれが先でもよく、並行して進めてよい。

標準モデルDSと3次元データDTとの概略の位置合わせを行う（#13）。この処理では、標準モデルDSと3次元データDTとの距離が最小となるように、標準モデルDSの向き、大きさ、および位置を変更する。

【0028】

輪郭および特徴点を抽出する（#14）。標準モデルDSについての輪郭RK

および特徴点TTを予め抽出しておいた場合には、それらと同じ位置に配置されるべき輪郭および特徴点を、3次元データDT上に、またはそれに対応する2次元画像上に配置する。

【0029】

特徴点として、例えば、目や口の端部、鼻の頂部、顎の下端部のように実際に特徴のある部分、または、それらの中間のようなそれ自体では特徴はないが位置的に特定し易い部分などが選ばれる。輪郭として、顎のライン、唇のライン、または瞼のラインなどが選ばれる。

【0030】

計算量および誤差を削減するために、3次元データDTについてデータの削減が行われる(#15)。

標準モデルDSの変形が行われる(#16)。ここでは、3次元データDTの各点と標準モデルDSの面との間の距離に関連して定義されたエネルギー関数、または過剰な変形を回避するために定義されたエネルギー関数などを用い、それらが最小となるように標準モデルDSの面を変形させる。

【0031】

そして、対象とするエネルギー関数および制御点を変更し、ステップ#16と同様な変更のための処理を繰り返す(#17)。

次に、上のステップ#16の変形処理について説明する。

【0032】

図4は変形処理を示すフローチャート、図5は標準モデルDS1の例を示す図、図6は標準モデルDSの面Sと3次元データDTの点Pとを模式的に示す図、図7は標準モデルDSの異常変形を防ぐための仮想バネを説明するための図、図8は点Pに対する面Sの種々のフィッティングの例を示す図である。

【0033】

図6において、3次元データDTを構成する点群の1つが点Pkで示されている。標準モデルDSの面Sにおいて、点Pkに最も近い点がQkで示されている。点Qkは、点Pkから面Sに垂線を下ろしたときの交点である。

【0034】

点群に面Sをフィッティングする方法は次のとおりである。ここでは、まず、一般的なフィッティングについて説明し、その後で信頼性に基づく重み付けを行ったフィッティングを説明する。

【0035】

点群の中の1つの点P_k、それに対応する点Q_k、および対応点群T = { (P_k, Q_k), k = 1 … n } について、フィッティングエネルギー (Fitting Energy) 関数E_f (U) を、次の式 (1) のように設定する。

【0036】

【数1】

$$E_f(U) = \sum_i \|P_k - Q_k(U)\|^2 \quad \dots (1)$$

但し、Q_k (U) は、Q_kがUの関数であることを示す。

【0037】

また、面Sの過度の変形を防ぐために、図7に示す仮想バネ(elastic bar) KBを導入する。仮想バネKBの制約に基づいて、面Sの形状安定化のための安定化エネルギー関数を導く。

【0038】

すなわち、図7において、フィッティング対象である標準モデルDSの面(曲面)Sの一部が示されている。面Sは、制御点群U = | u_i |, i = 1 … N | で形成されている。隣接する制御点間には、仮想バネKBが配置されている。仮想バネKBは、制御点間に引っ張り力による拘束を与え、面Sの異常変形を防ぐ働きをする。

【0039】

つまり、隣接する制御点uの間隔が大きくなつた場合に、それに応じて仮想バネKBによる引っ張り力が大きくなる。例えば、点Q_kが点P_kに近づく場合に、その移動にともなつて制御点uの間隔が大きくなると、仮想バネKBによる引っ張り力が増大する。点Q_kが移動しても制御点uの間隔が変わらなければ、つまり制御点u間の相対位置関係に変化がなければ、仮想バネKBによる引っ張り力は変化しない。仮想バネKBによる引っ張り力を面Sの全体について平均化し

たものを、安定化エネルギーとして定義する。したがって、面Sの一部が突出して変形した場合に安定化エネルギーは増大する。面Sの全体が平均して移動すれば安定化エネルギーは零である。

【0040】

安定化エネルギー関数 $E_s(U)$ は、次の式(2)で示される。

【0041】

【数2】

$$E_s(U) = \frac{c}{M} \sum_{m=1}^M \left[\frac{1}{L_0^m} (\tilde{u}_1^m - \tilde{u}_2^m)^T (u_1^m - u_2^m) - L_0^m \right]^2 \quad \dots \quad (2)$$

ここで、

【0042】

【数3】

$$\tilde{u}_1^m, \tilde{u}_2^m$$

$$u_1^m, u_2^m$$

は、それぞれ、仮想バネKBの初期端点、変形後の仮想バネKBの端点である。
 c はバネ係数であり、 M は仮想バネKBの本数である。また、次の関係が成り立つ。

【0043】

【数4】

$$L_0^m = \|\tilde{u}_1^m - \tilde{u}_2^m\|$$

したがって、バネ係数 c を大きくすると、仮想バネKBは硬くなつて変形し難くなる。

【0044】

このような安定化エネルギー関数 $E_s(U)$ を導入することにより、面Sの形状変化に一定の拘束を設けることとなり、面Sの過度の変形を防ぐことができる

【0045】

上に述べたフィッティングエネルギー関数 $E_f(U)$ 、および安定化エネルギー関数 $E_s(U)$ を用い、フィッティングの評価関数 $E(U)$ を次の式(3)のように定義する。

【0046】

$$E(U) = W_f E_f(U) + W_s E_s(U) \quad \dots \dots (3)$$

ここで、 W_f 、 W_s は、それぞれ正規化のための重み係数である。

式(3)の評価関数 $E(U)$ が十分小さくなるように、面 S の変形および対応点の探索を繰り返し、面のフィッティングを行う。例えば、 $E(U)$ の U に関する微分が 0 に近づく方向にフィッティングを行う。

【0047】

さて、ここまで説明では、各点 P_k の信頼性が同等であり、点群の信頼性を同等に扱った評価関数 $E(U)$ を導いたが、次に、点 P_k の信頼性に基づく重み付けを行った評価関数 $E(U)$ について説明する。

【0048】

すなわち、全ての点 P_k のデータが信頼できるものとは限らないので、式(1)に示したフィッティングエネルギー関数を用いた場合には、信頼性の低い部分の影響を受けてしまって望ましくないフィッティング結果が導かれる場合がある。しかし、信頼性の低い点 P_k を削除してしまった場合には、削除した点 P_k のあった箇所において、点群の本来の形状を保てなくなることがあり、これも望ましくない。

【0049】

そこで、点群内における各点 P_k の信頼性の要素を、各対応関係の重みとして導入し、式(1)を次の式(1')のように変更する。

【0050】

【数5】

$$E_f(U) = \sum_i w(p_k) \cdot \|P_k - Q_k(U)\|^2 \quad \dots \dots (1')$$

ここで、 ρ_k は、点 P_k の信頼性を示す。信頼性 ρ_k として、上に述べた信頼性データDRを用いることができる。 $W(\rho_k)$ は信頼性 ρ_k から重みを求める関数である。

【0051】

一般に、信頼性を x とした場合に、 $W(x)$ は、信頼性 x の高いもの（ x の小さいもの）には大きい重みを、信頼性 x の低いもの（ x の大きいもの）には小さい重みをそれぞれ与える関数である。そのような関数は、例えば、次の式(4)で与えられる。

【0052】

$$W(x) = 1 / (1 + x)^n \quad \dots \dots (4)$$

ここで、 n は信頼性に対する重み係数である。また、 $x > 0$ である。

例えば、信頼性 x として、上に述べた信頼性データDRである画素数を用いた場合に、ずれがない場合には $x = 0$ であるから、重み $W(x)$ は1となる。 $x = 1$ の場合には重み $W(x)$ は $1/2^n$ となり、 $x = 2$ の場合には重み $W(x)$ は $1/3^n$ となる。このように、信頼性が低下すると（ x が増大すると）、重み $W(x)$ は零に近づく。そのため、面 S は、各点 P_k の信頼性に応じて変形されることとなる。

【0053】

上の式(1')を、式(3)におけるフィッティングエネルギー関数 $E_f(U)$ として用いる。これによって、信頼性の高い点 P_k についてはより精度の高いフィッティングが行われ、信頼性の低い点については信頼性の高い部分に大きい影響を与えないようなフィッティングが行われる。

【0054】

例えば、図8(C)(D)に示すように、6つの点 $P_1 \sim 6$ のうち、点 P_1 , 2の信頼性が大きく、点 $P_3 \sim 6$ の信頼性が低い場合に、面 S は各点 $P_1 \sim 6$ の信頼性に応じて変形される。本実施形態によって変形された面 S_c , S_d は、信頼性を考慮しなかった図8(A)に示す面 S_a 、および信頼性の低い点を削除した図8(B)に示す面 S_b と比較すると、点群による形状が信頼性の程度に応じて反映され、点群の形状が保たれ、且つ突出した変形が抑えられていることが分

かる。

【0055】

図4において、変形処理では、まず、点P_kに対応する点Q_kを計算で求め、点P_kと点Q_kの組みを作成する（#21）。

面Sを変形し（#22）、変形後の評価関数E（U）を計算する（#23）。評価関数E（U）が収束するまで（#24でイエス）、処理を繰り返す。

【0056】

評価関数E（U）の収束を判定する方法として、評価関数E（U）が所定の値よりも小さくなったときを収束とする方法、前回の計算と比較べた変化の割合が所定値以下となったときに収束とする方法など、公知の方法を用いることが可能である。

【0057】

上に述べたように、本実施形態では、点P_kの集合からなる点群に面Sをフィッティングする際に、各点P_kの信頼性情報に基づいて点群への面Sのフィッティングの度合いを変更する。したがって、信頼性の低い点P_kが含まれている場合であっても、そのような信頼性の低い点P_kにひきずられて異常な変形や誤った変形の行われることが防止され、適切なフィッティングが行われる。

【0058】

また、本実施形態では、信頼性が低い点P_kであってもそれを削除することなく、その点P_kの信頼性の程度に応じて面Sの変形が行われ、したがって点群の本来の形状が反映されることとなる。そのため、信頼性の低い点P_kを削除する方法と比べた場合に、より適切なフィッティングが行われることとなる。

【0059】

なお、上に述べた実施形態では、点群を構成する各点の信頼性を判断し、その判断結果に基づいて各点の重みを変更するものを示しているが、例えば、点群を構成する所定の領域毎に信頼性を判断し、その判断結果に基づいてその領域内に存在する全ての点の重みをまとめて変更することももちろん可能である。

【0060】

上に述べた実施形態において、モデリング装置1の構成、回路、処理内容、処

理順序、処理タイミング、係数の設定などは、本発明の趣旨に沿って適宜変更することができる。

【0061】

【発明の効果】

本発明によると、信頼性の低い点が含まれている場合に、信頼性の低い点にひきずられて異常な変形や誤った変形の行われることができるので防止され、適切なフィッティングが行われることとなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明に係るモデリング装置を示すブロック図である。

【図2】

対象物の3次元データを取得する方法の例を説明する図である。

【図3】

モデリング装置の全体の処理の流れを示すフローチャートである。

【図4】

変形処理を示すフローチャートである。

【図5】

標準モデルの例を示す図である。

【図6】

標準モデルの面Sと3次元データの点Pとを模式的に示す図である。

【図7】

標準モデルの異常変形を防ぐための仮想バネを説明するための図である。

【図8】

点Pに対する面Sの種々のフィッティングの例を示す図である。

【符号の説明】

1 モデリング装置（フィッティングする装置）

1 0 処理装置

2 1 重み付け処理部

2 2 変形処理部

特2000-090629

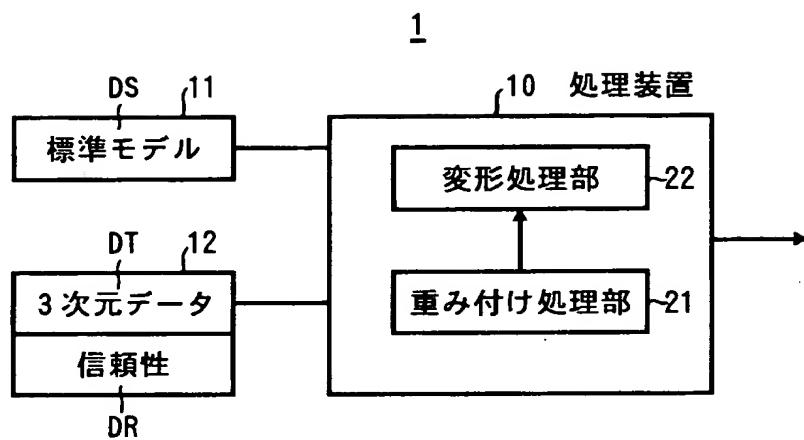
P k 点(点群)

S 面

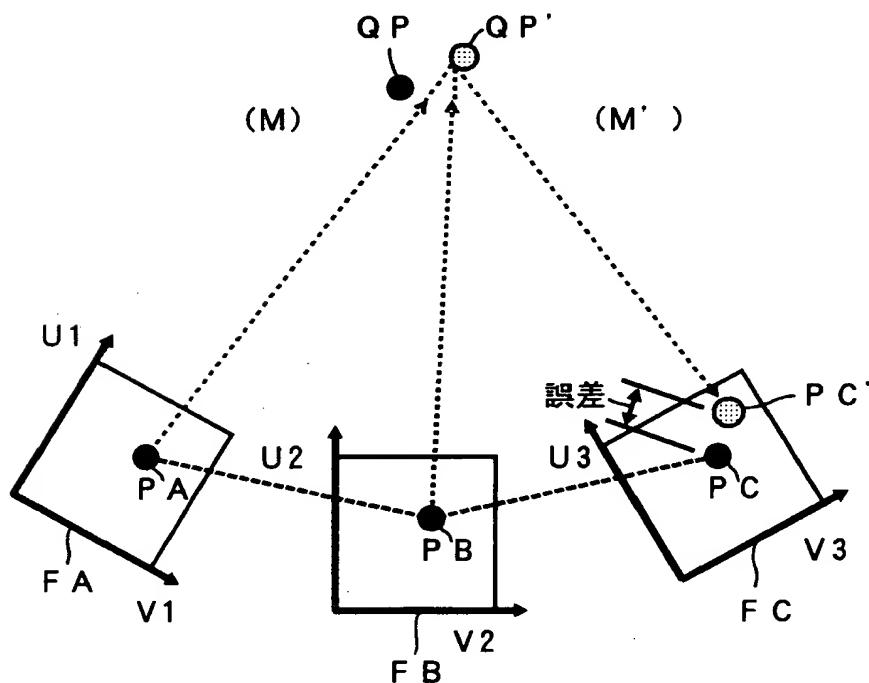
D R 信頼性データ

【書類名】 図面

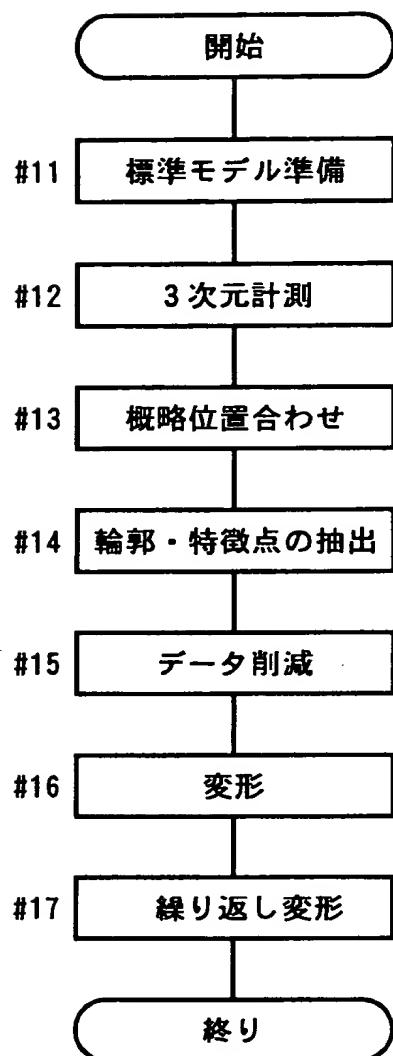
【図1】



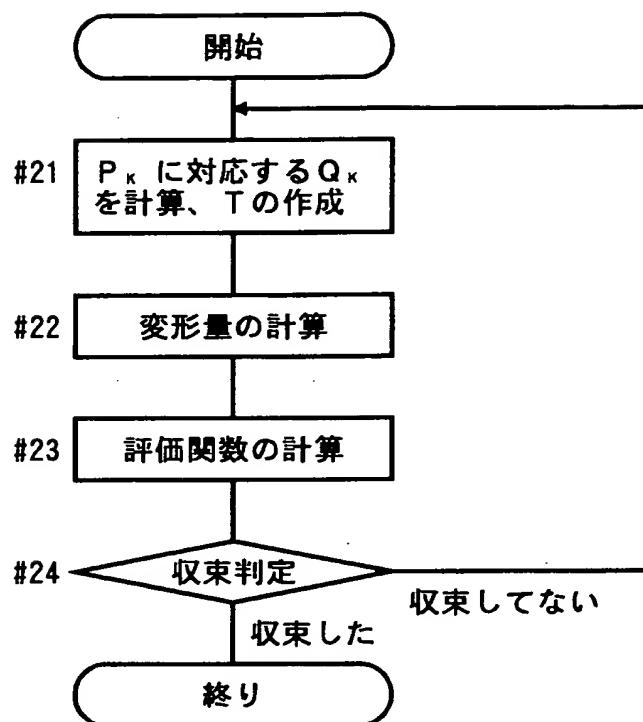
【図2】



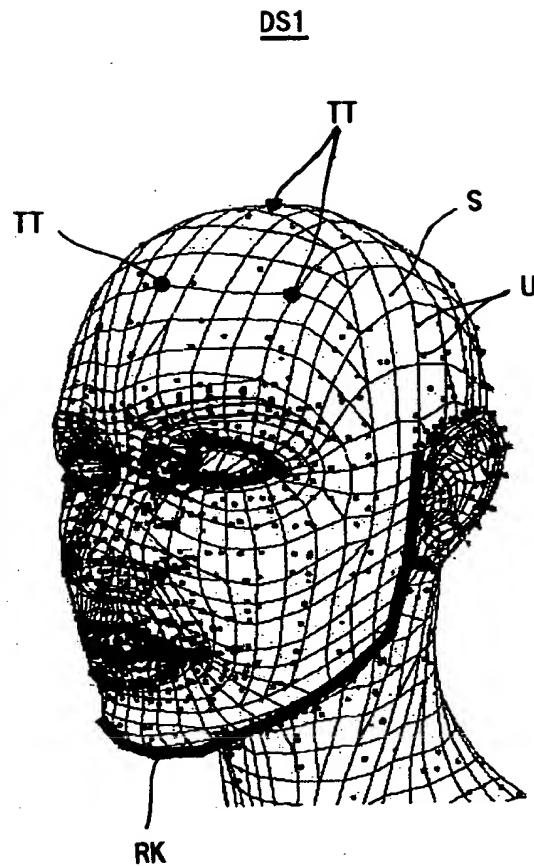
【図3】



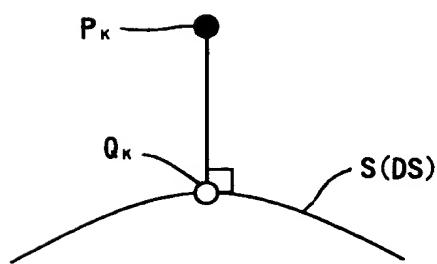
【図4】



【図5】

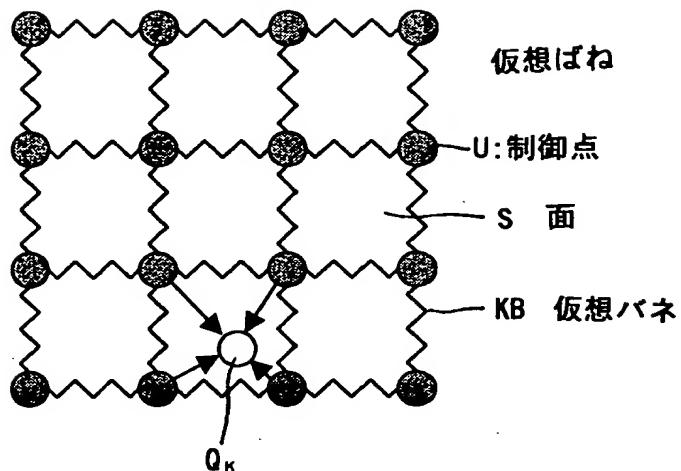


【図6】

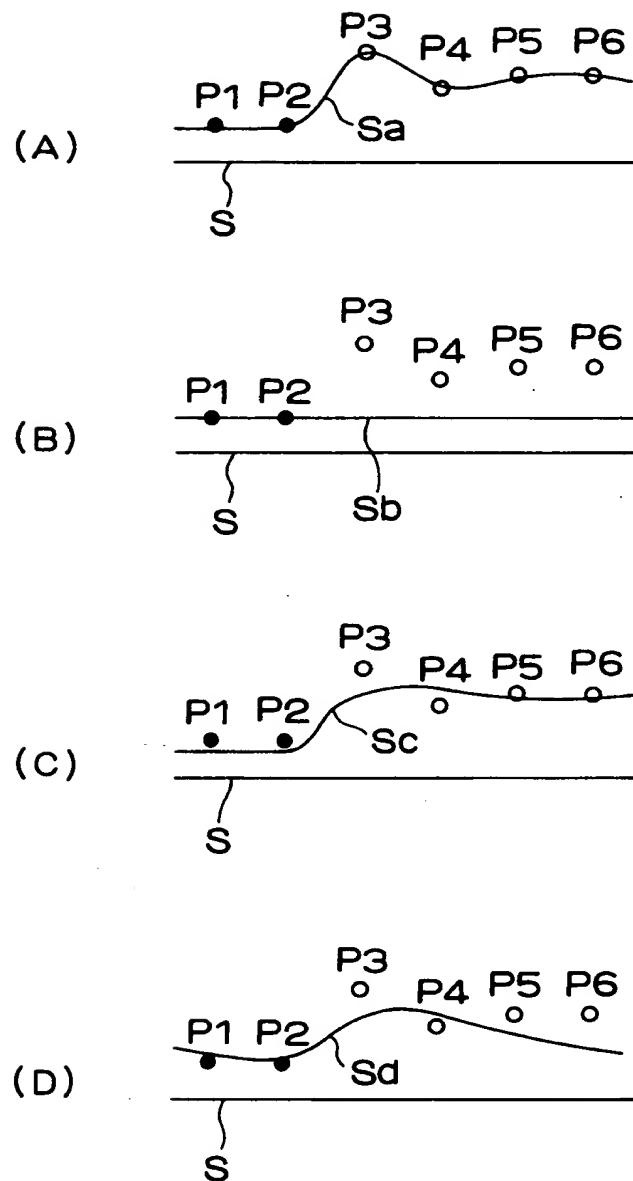


【図7】

DS



【図8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】信頼性の低い点が含まれている場合に、信頼性の低い点にひきずられて異常な変形や誤った変形の行われることをできるだけ防止し、適切なフィッティングが行われるようにすること。

【解決手段】コンピュータを用いて点群に面をフィッティングする方法であって、点群の信頼性を判断する第1ステップと、第1ステップでの信頼性の判断結果に基づいて、点群への面のフィッティング方法を変更する第2ステップと、を備えた方法である。

【選択図】 図4

出願人履歴情報

識別番号 [000006079]

1. 変更年月日 1994年 7月20日

[変更理由] 名称変更

住 所 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル
氏 名 ミノルタ株式会社